TOC流の製品開発法

－ プロセスチェーンマネジメント概説Ⅰ －

2001年 4月 28日

藤川博巳
fujikawa@cea.or.jp

中小企業診断協会東京支部
中小企業診断士（情報部門）
技術士（情報工学）、CMfg／E（米国SME）

藤川博巳のプロフィール

経　歴

東京教育大学理学部応用数理学科卒業
三井情報開発株式会社　18年
●経理財務システム
●外務省経済協力局出向
●総合研究所（シンクタンク）
●三井物産（株）情報システム部出向
●東京テレガイド株式会社出向
株式会社　図研　（電子設計CAD）　11年
メカテラ・ジャパン株式会社　（SIPS）

専　門

業種：エレクトロニクス・ハイテク産業
分野：設計・CAD/CAM・生産技術・生産管理
手法：PCM・TOC/CM・SCM・CPC/PDM
資格：中小企業診断士・技術士・CMfg/E

本日の内容

Ⅰ. 米国の製品開発・生産プロセス革新の例

Ⅱ. TOC/CM　制約理論／制約管理の紹介

Ⅲ. TOC流プロジェクト管理
Critical Chain の紹介

特にクリティカルチェーンの製品開発への応用について

Ⅳ. 時間短縮1/3を目指す
プロセスチェーンマネジメントの紹介



Ⅰ. 米国の製品開発・生産プロセス革新の例

米国製造業復活の原因は設計プロセス革新

最新の話題： **設計時間(Turn-around Time) の９5%短縮**

例１： ボーイング社　B777開発で９5%短縮を公表

例２： フォード社　Direct Engineering（登録商標）

4週間 ⇒ 5時間 を公表

Direct Engineerが統合：

- 製品構想
- 製品設計
- 生産設計　等

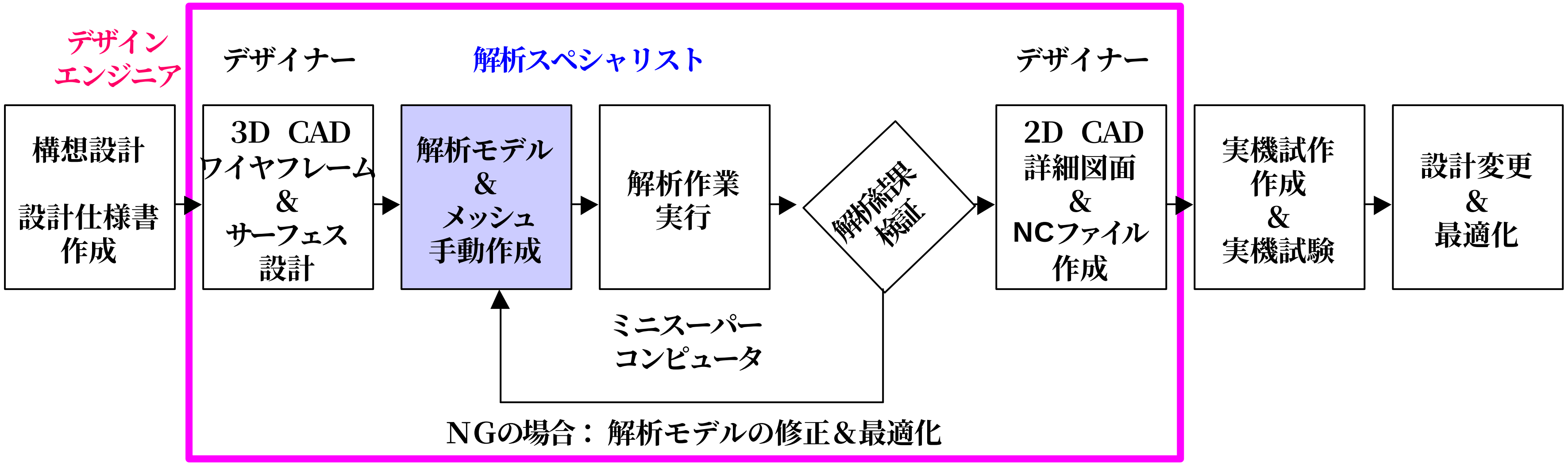
効果：開発時間の５0%短縮
設計変更の９0%削減
実物試作の７5%不要
品質保証コスト低減

設計時間短縮のために
●技術情報の活用
●設計プロセスの再構築
●多能エンジニア化

出典: 米国NIST 1998年9月

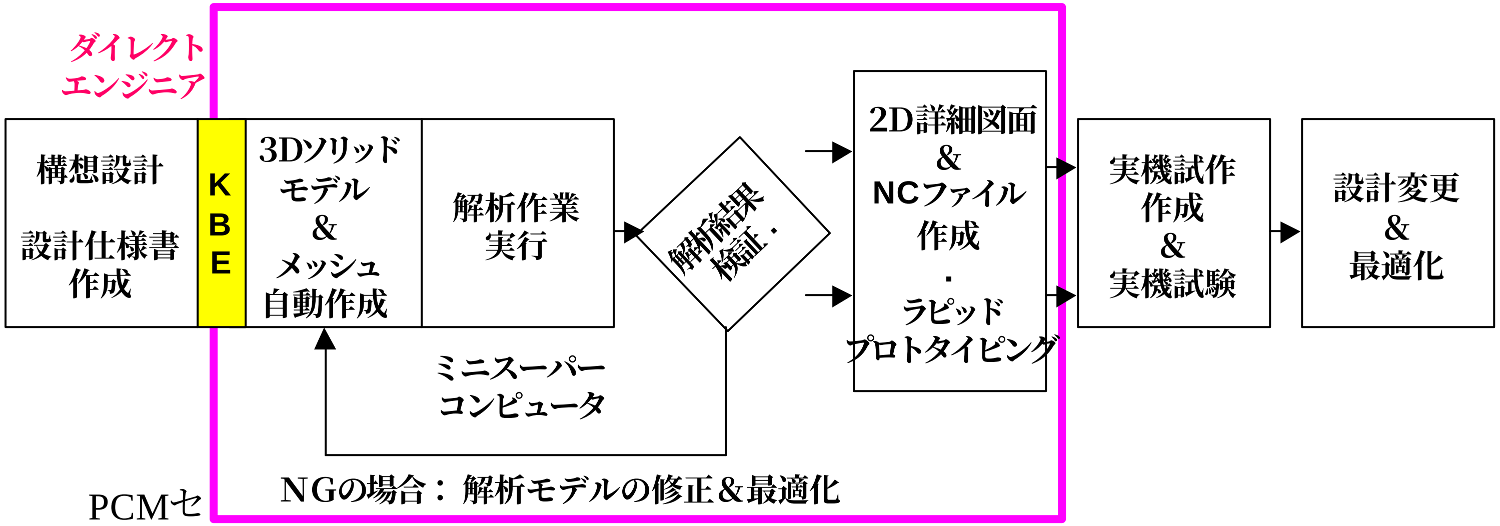
米国の設計革新はプロセス革新（フォード社の例）

2年前まで



設計プロセスのターンアラウンドタイム：月／日 単位

現在



設計プロセスのターンアラウンドタイム：日／時間 単位 へ短縮

Ⅱ．Theory of Constraint / Constraint Management
制約理論/制約管理の紹介



フォード社設計革新への制約理論TOCの活用 (1997年公表)

● 1990年頃からTOCを導入。28,000人の開発部隊にTOCを導入済み。
●重要問題： クリティカルパスの長さ
プロセスのばらつき
設計業務負荷のばらつき
資源の稼働率

●設計革新の定義： 現在から将来にかけて金を儲け続ける。
開発システムの目標： 高品質の設計を短期間で開発する。

●制約条件の分析：
設計システムを生産ラインに見たてて各工程を定義。
過去の実績から能力と負荷を算出。

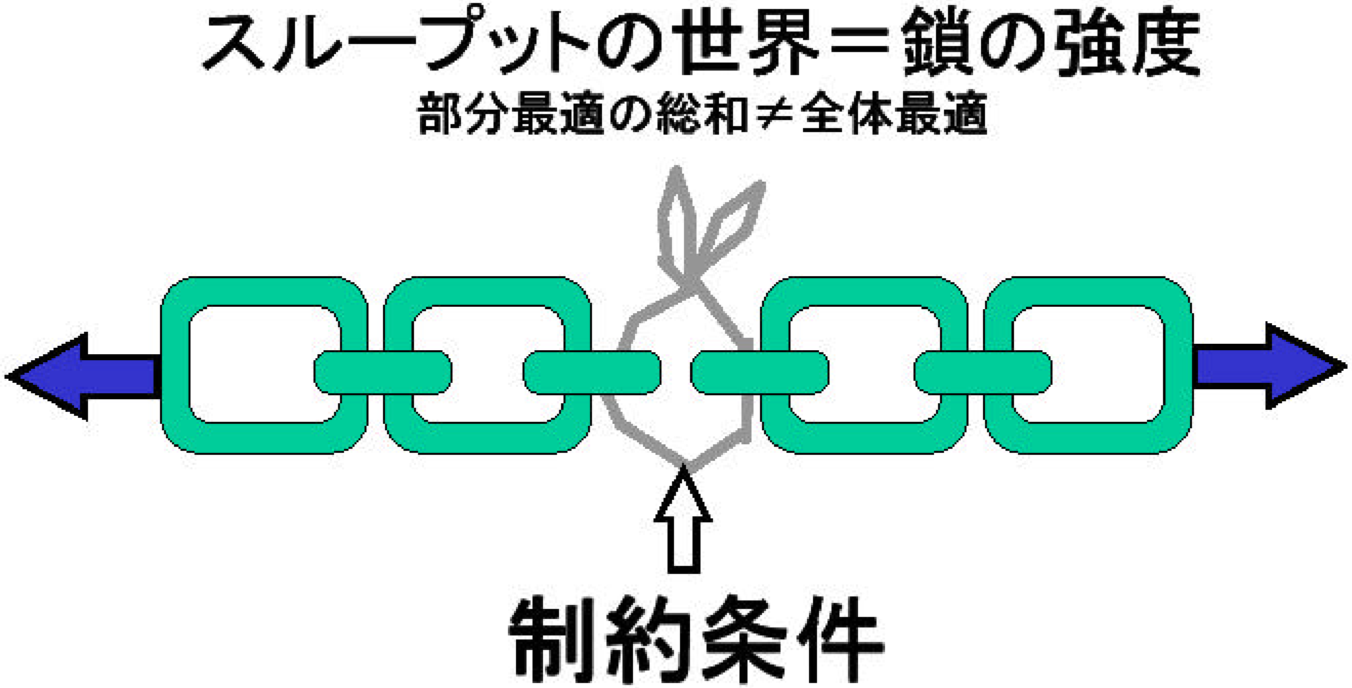
●制約条件： 製品テスト(試作車評価)活動。

●改善活動を嫌う開発部隊を説得：
工場とのアナロジー(生産工程で今の設計活動のような作業時間のばらつきがあったらどうするといった質問)、ケーススタディーの説明、シミュレーション、モデル部門での試行、コンサルタント指導、教育、 等。

●成果： 開発リードタイムの40%削減。

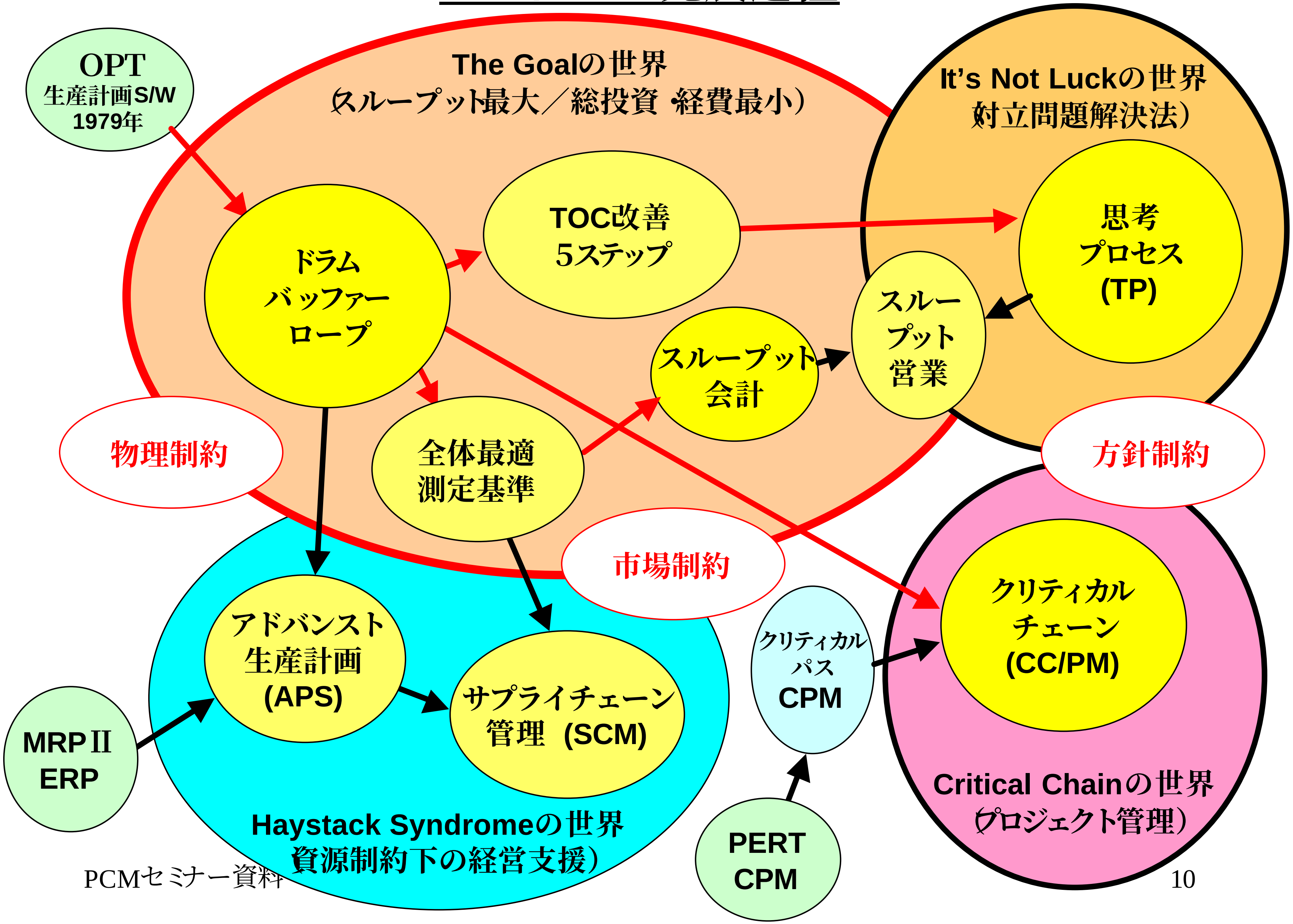
出典: http://www.goldratt.com/success.htm

制約条件とは（有名な鎖の比喩）

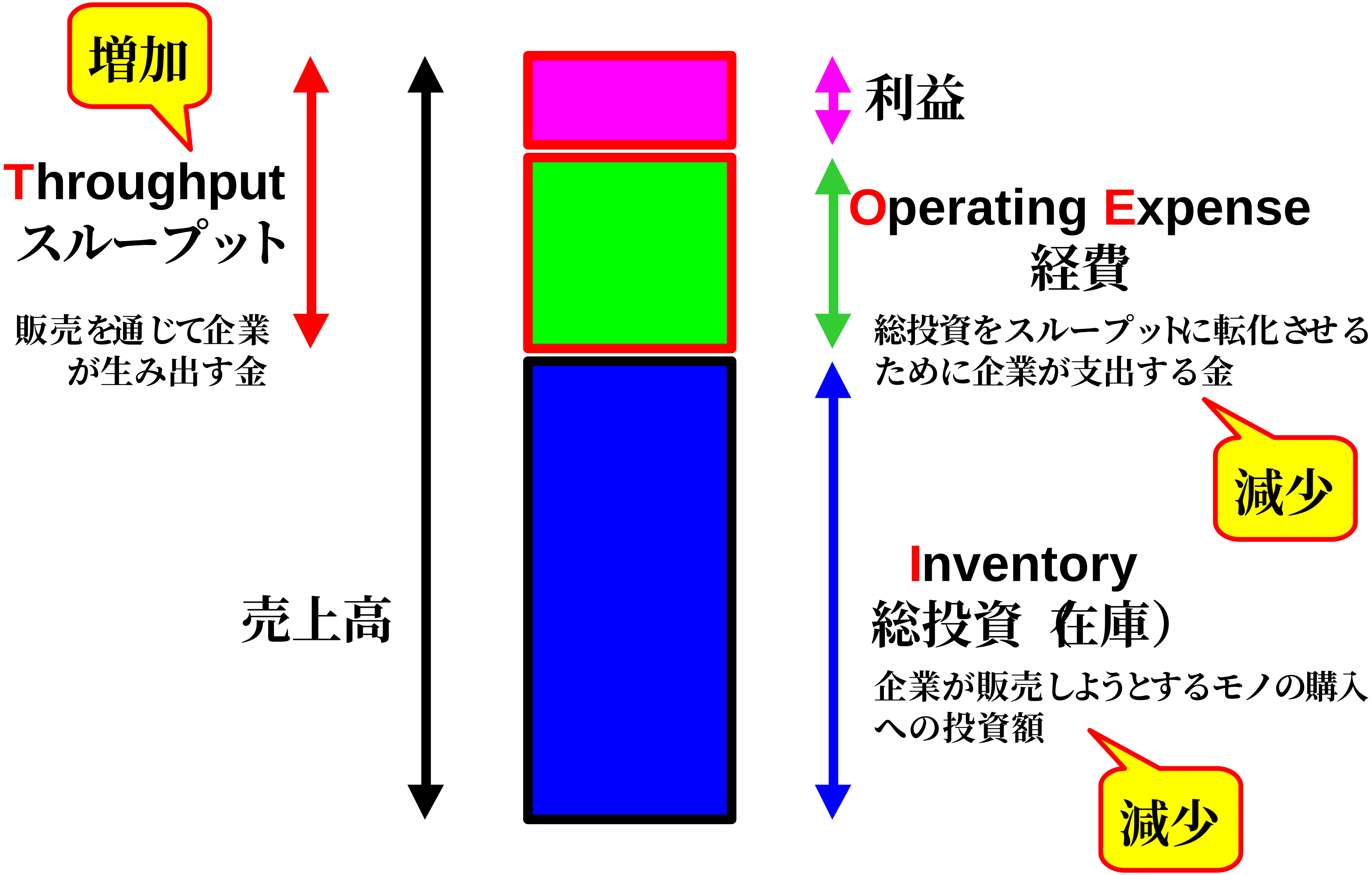


出典: JMAM 加藤治彦作成

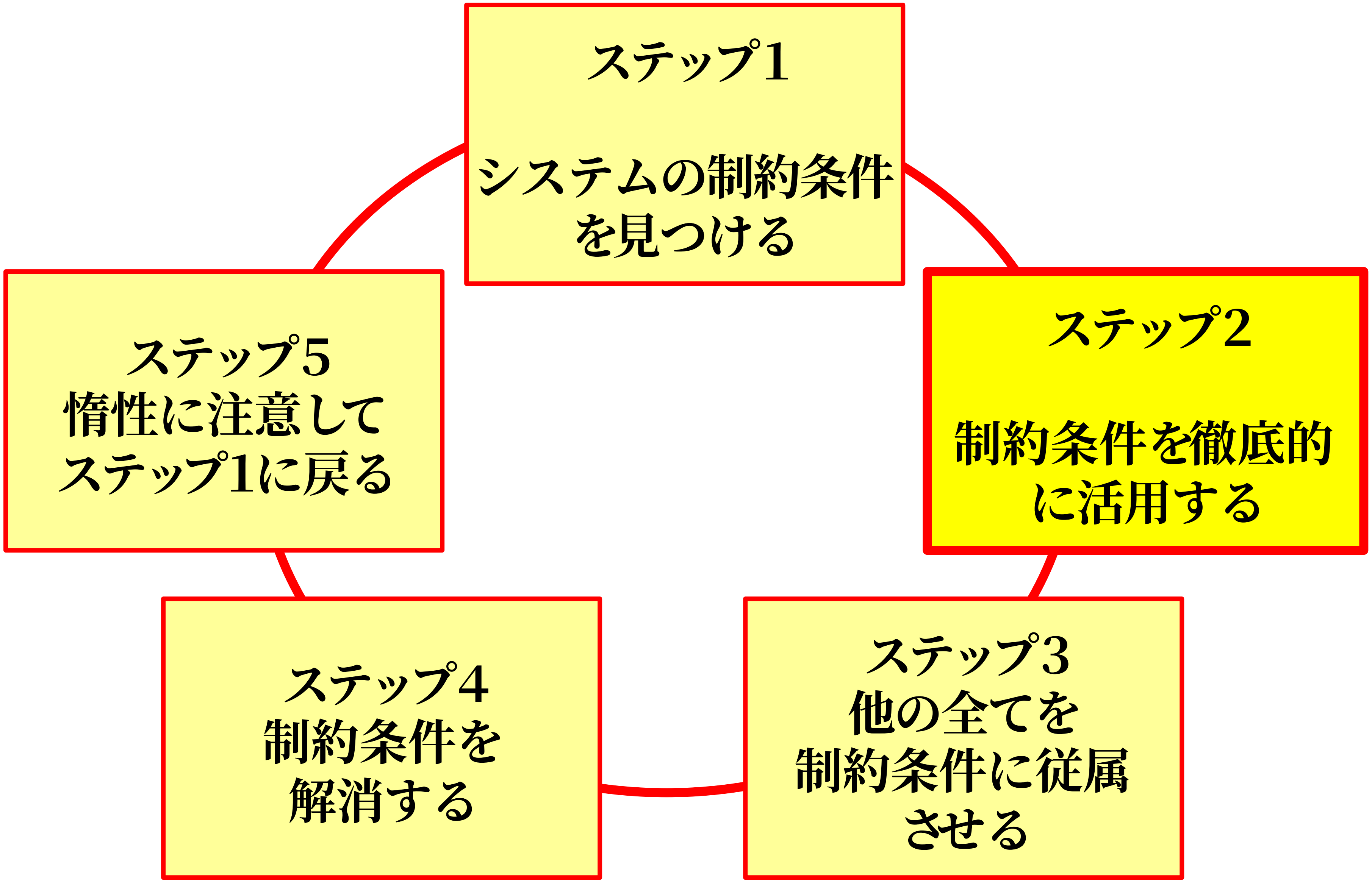
TOC/CMの発展過程


OPT
生産計画S/W
1979年
The Goalの世界
（スループット最大／総投資・経費最小）
It's Not Luckの世界
（対立問題解決法）
ドラム
バッファー
ロープ
TOC改善
5ステップ
思考
プロセス
(TP)
スループット
会計
スルー
プット
営業
全体最適
測定基準
物理制約
方針制約
市場制約
アドバンスト
生産計画
(APS)
サプライチェーン
管理（SCM）
クリティカル
チェーン
(CC/PM)
クリティカル
パス
CPM
MRPⅡ
ERP
PERT
CPM
Haystack Syndromeの世界
（資源制約下の経営支援）
Critical Chainの世界
（プロジェクト管理）

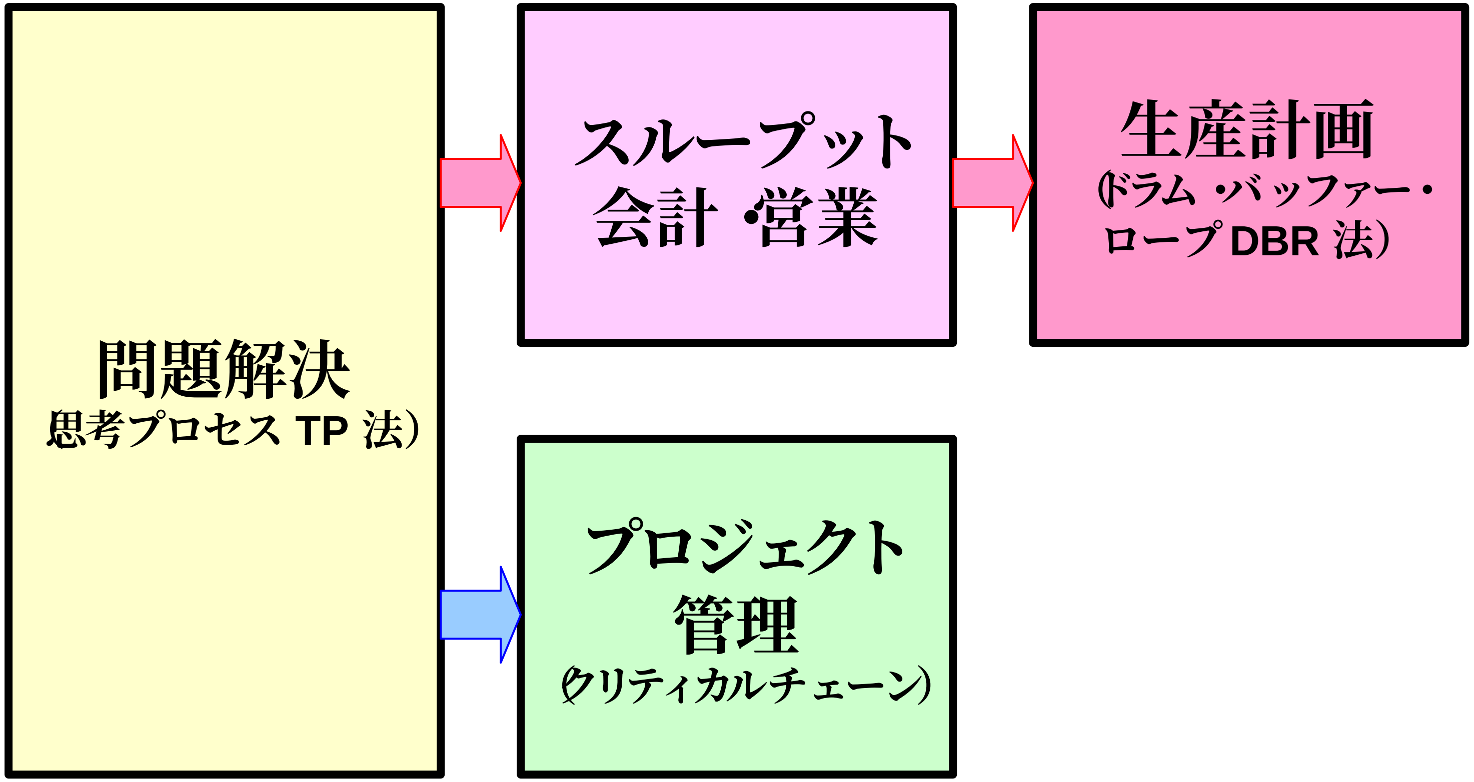
TOC/CMの基礎知識　（T、I、OEとは）



TOC/CMの基礎知識（TOC改善の5ステップ）



TOC/CM流プロセスチェーン革新の導入ステップ



製品開発・生産プロセスチェーンの制約とは

問題解決 思考プロセス） スループット 営業	生産計画 ・製造	プロジェクト 管理
●根本原因 ●前提条件の対立 ●方針制約 ●市場制約	●ボトルネック工程 ●物理制約	●リソース競合 ●クリティカルチェーン

TOC/CM営業プロセス革新（スループット会計）

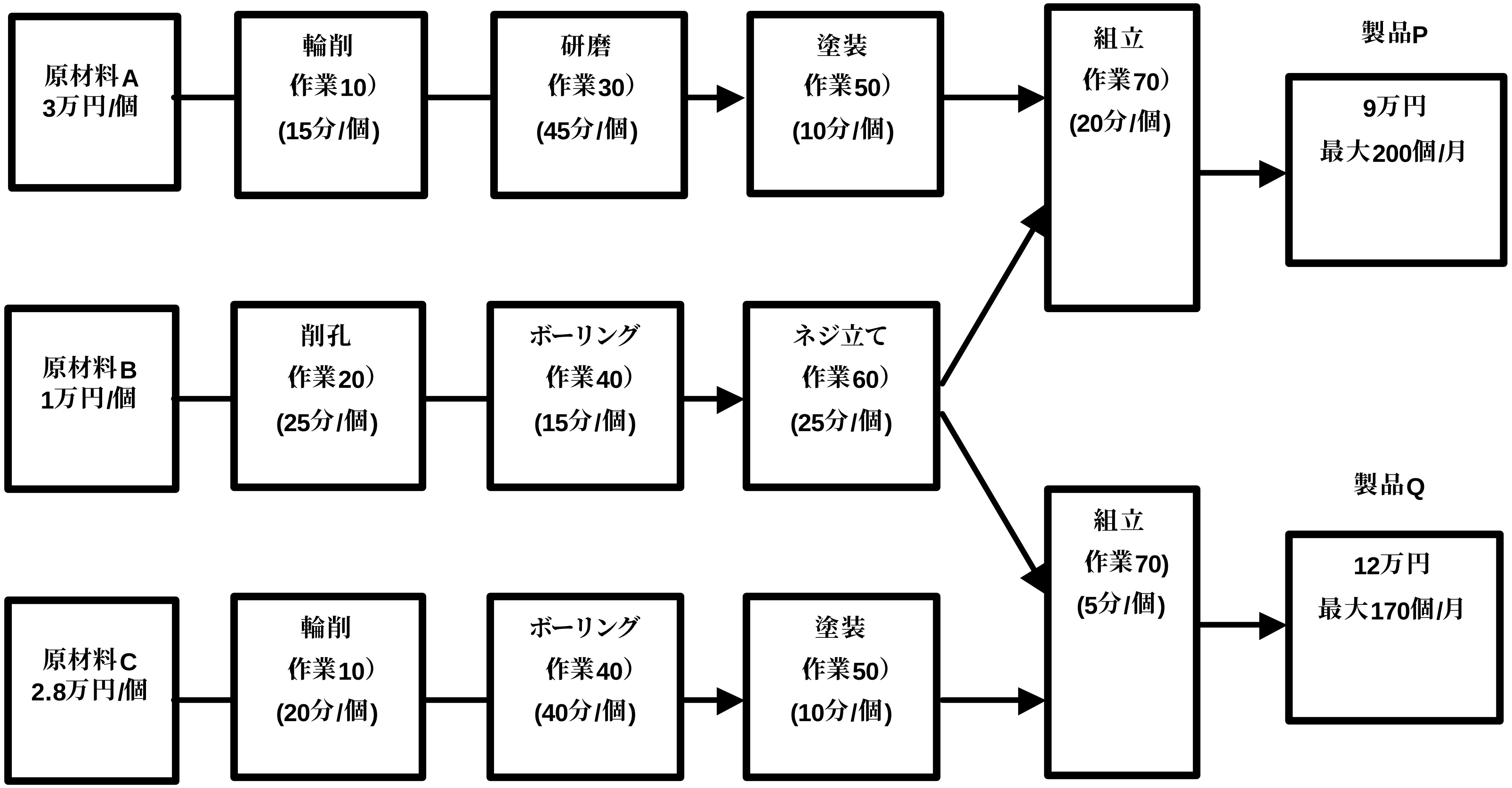
伝統的な 直接原価計算	直接労務費を 固定費とした 直接原価計算	スループット 会計	簡易 スループット 会計
売上 －直接材料費 －直接労務費 －変動間接費*	売上 －直接材料費 －変動間接費*	売上 －真の変動費合計 (I)	売上 －原材料費(I)
＝貢献利益 －固定費	＝貢献利益 －固定費	＝スループット(T) －業務費用(OE)	＝スループット(T) －業務費用(OE)
＝利益	＝利益	＝利益	＝利益

＊　製造、非製造両方の変動間接費を含む

出典: The Theory of Constraints and its implementation for Management Accounting by Eric Noreen, et al.　小林英三訳

最適製品ミックス問題（有名なPQ問題）
（ゴールドラット博士の問題に基づき作成、本質的な違いはない）

下の生産システムの最適製品ミックスを計算しなさい。



各資源とも、使用可能作業時間： 8時間×60分×20日＝9600分/月　　業務費用 :1000万円/月

出典: 経営情報学会 情報技術と生産システム研究部会　小林英三氏資料

有名なPQ問題の三つの解答

答1　1,394万円
P: 200個、Q: 170個

「制約は市場である（生産システム内には制約はない）」と考える（一番多い解答　→　実行不能）

答2　　477万円
P: 16.7個、Q: 170個

「1個あたりの貢献利益の大きい方を生産するのが得策」と考える（従来の考え方）

答3　　984万円
P: 200個、Q: 120個

「会社の利益を最大にする」というスループット会計の観点から考えて、製品P、製品Qが限られた資源「ボーリング」が1分あたりで生むスループットを基準とする。

製品P　50,000円/15分　＝3,333円/分

製品Q　82,000円/55分　＝1,491円/分

→　線形計画法の考え方と同一

出典: 経営情報学会 情報技術と生産システム研究部会　小林英三氏資料

この事例は、9,600分しか使えないボーリング資源を、製品Pの生産に使えば1分あたり、3,333円のスループットを生むのにたいして、製品Qは1,491円しかスループットを生まないことを考慮せずに、価格、原材料費、スループット、合計作業時間などから、伝統的な原価計算に基づく製品間の収益性の判断を行い、製品Qの生産を優先してしまうことの怖さを示しています。

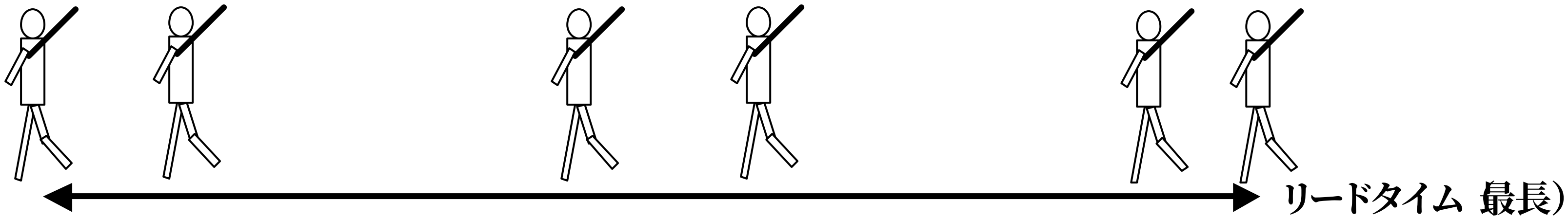
メッセージ：

生産システムの制約を意識していない原価計算システムは、よしんば、間接費の恣意的配賦を行なわないとしても、最適製品ミックスを導くものではない。

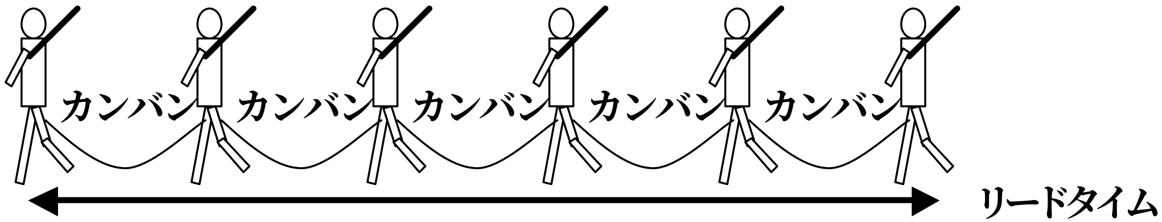
出典: 経営情報学会 情報技術と生産システム研究部会　小林英三氏資料

TOC/CMの基礎知識（ドラム・バッファー・ロープDBR概念）

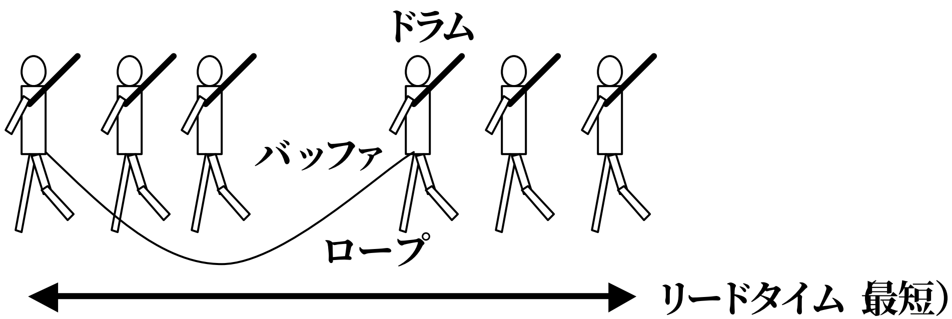
MRP II　行進の意識なし。個別の稼働率、作業能率。→　個別に前進。



JIT　誰もころばないと前提。 歩調を揃え、前進。 しかし、一人がころぶと、皆、停止。



TOC　歩調の乱れを前提。 一番、遅い兵士がころばない限り、そのペースで前進。



出典: Synchronous Management by M. Umble et al.（一部、変更） 小林英三訳

Ⅲ. TOC流プロジェクト管理
“Critical Chain”
の紹介

特に
クリティカルチェーンの製品開発
への応用について

TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　クリティカルチェーン法）

プロジェクトが必ず遅延する原因

原因１：分業体制でのマルチタスク（複数の案件を同時に抱える）現象。

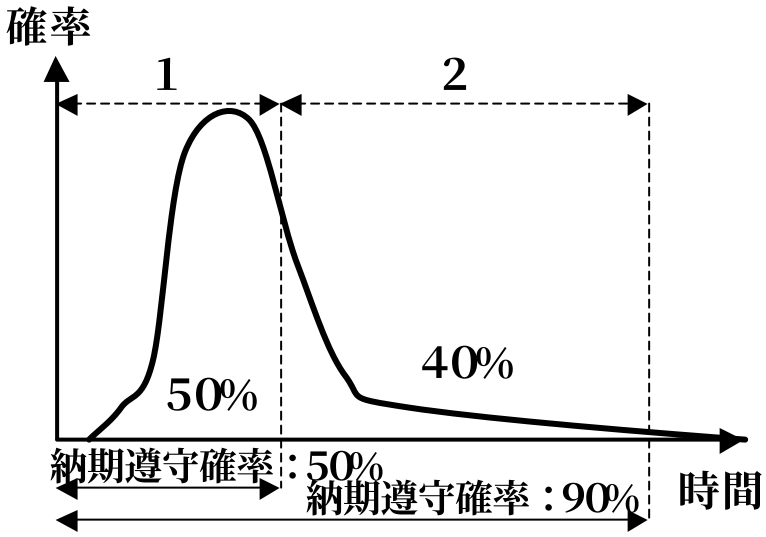
原因２：このためオーバーヘッド時間増大が必然的に発生。

原因３：納期直前まで他の作業を行う「学生症候群」。

原因４：納期まで抱える傾向。
予定よりも早く仕事を終えても上司からは評価されないため。
早く終ると逆に計画能力が無いと叱責される。

原因５：　このため「遅延だけが後へ伝えられる」現象

プロジェクトの時間見積りはベータ分布に従う。予定とおりに完了する確率が90%になる期間は、50%になる期間の3倍である。
つまり、全体の半分の工程では見積の１／３で完了していることになる。
見積時間の２／３は安全余裕時間であり、管理階層が多いほど加算されて、プロジェクトの見積時間は長期化する。



TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　クリティカルチェーン法）

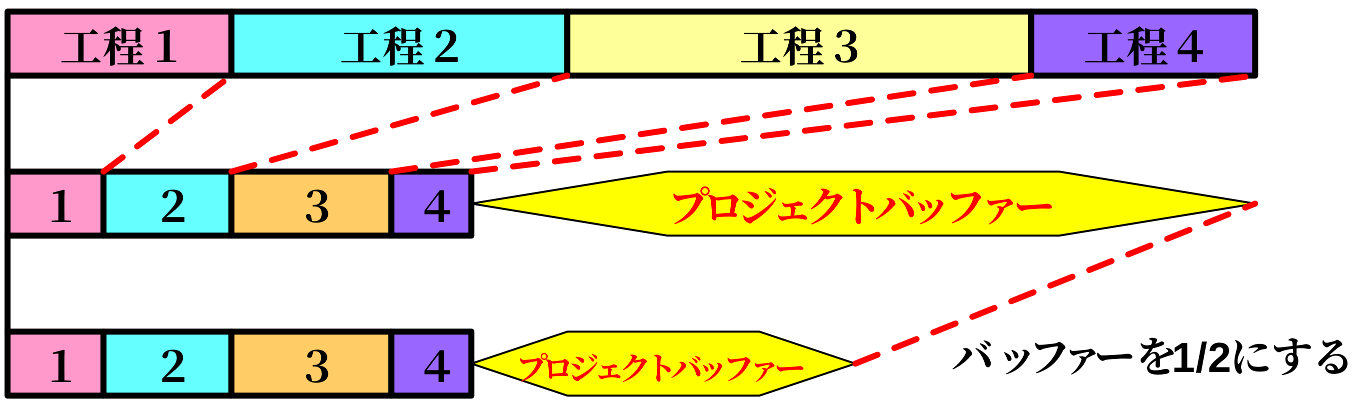
クリティカルチェーン法のプロジェクト管理

ステップ1：プロジェクトの中のクリティカルチェーンを発見する。

ステップ2：担当者の見積から安全余裕で見込む期間を各自の作業計画から剥ぎ取り、プロジェクト管理者がバッファーとして集中管理する。

ステップ3：担当者はシングルタスクとし、担当の掛け持ち（マルチタスク）は行わない。来た仕事を行い、終れば直ちに次の担当者へまわす。

ステップ4：プロジェクト管理者は個々の担当者の繁忙は管理しない。
担当者へは納期や期間を知らせない。
「TOCスケジューリング」では担当者の見積時間は50%の確率で完了する。
したがって、管理者が見込んだ作業終了日より遅れる確率が50%あるが、
クリティカルチェーン上のこの遅れた日数はバッファーの安全余裕期間から
差し引いていき、管理者はこの残りだけに注意していればよい。
クリティカルチェーン以外の作業の遅延は影響がないため管理しない。



TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　クリティカルチェーン法）

1. クリティカルチェーンとは

従来のPERT/CPMのクリティカルパスはプロジェクトに使われる資源の競合といった動的な条件を考慮していない。
資源の競合があり、資源は一度に1つの作業しかできないという条件を考慮した一連の作業工程がプロジェクトの本当の制約条件になる。
これをTOCプロジェクト管理手法ではクリティカルチェーンと呼ぶ。
つまりプロジェクトのクリティカルパス上の要素と制約資源を使用する工程（制約工程）の組み合せを通るパスである。

2. 合流バッファー

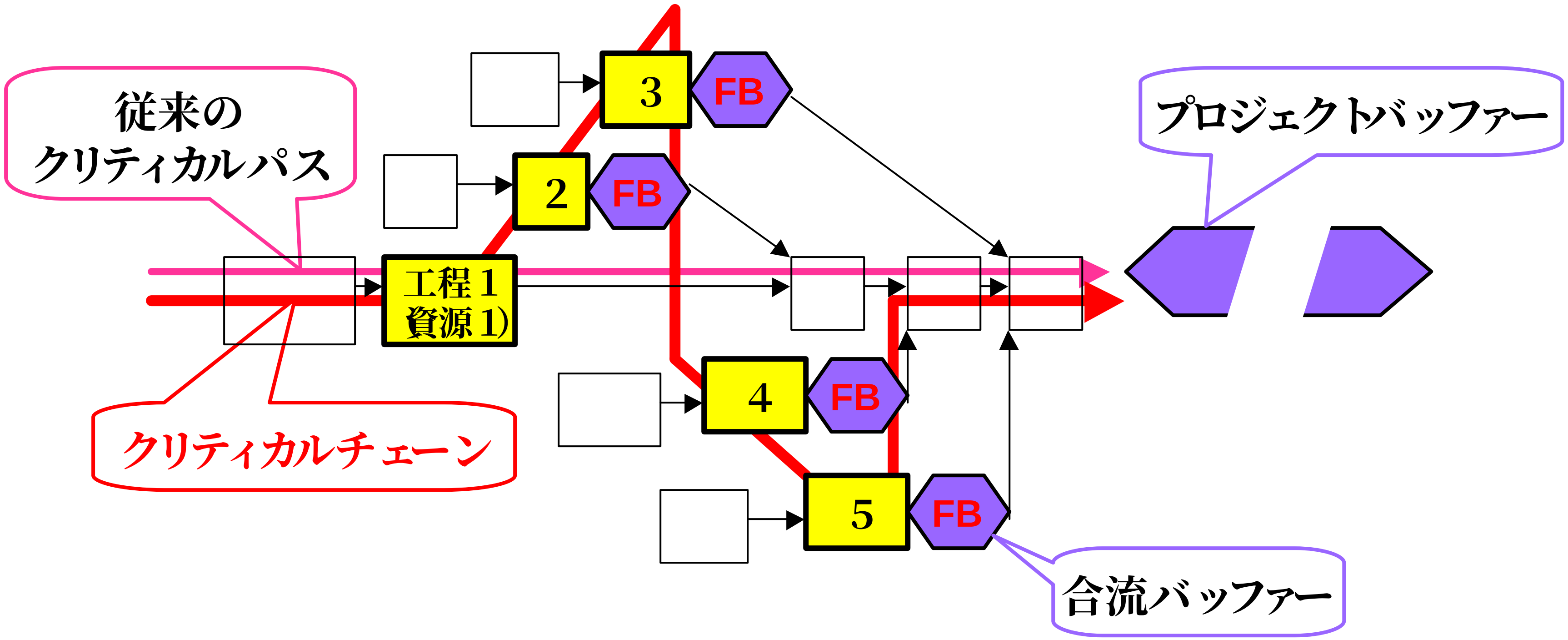
さらに重要なことは、プロジェクトの制約条件がクリティカルパスからクリティカルチェーンへと変わることにより、合流バッファーの位置も変わる。
合流バッファーは制約工程が非制約工程の遅れで遅れてしまうことを防ぐためのバッファーであり、制約がクリティカル・チェーンに変わったため、合流バッファーもクリティカルチェーンを保護するためにクリティカルチェーンへの合流点に設置する必要がある。

3. リソース競合

リソース競合の問題がない時はクリティカルチェーンはクリティカルパスと同じ。しかしリソースの競合が発生し、それがクリティカルパス以上の遅れを発生させる場合にはクリティカルパスの一部を修正したパスがクリティカルチェーンになる。

TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　クリティカルチェーン法）

［クリティカルチェーン図］



従来の常識に反する方策に見えるが、シングルタスクの効果、オーバーヘッド時間削減の効果や、全体の20%程度のクリティカルチェーンの工程管理だけですむ効果を考えれば、設備投資の不要な制約管理CM は採用の価値がある。

TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　クリティカルチェーン法）

複数プロジェクトのスケジューリング手法とは

このクリティカルチェーンはプロジェクト内でのリソース競合問題に対応するだけで、プロジェクト間のリソース競合問題には対応できない。
この問題はプロジェクト間の問題であるだけに、非常に解決が難しい。この場合、目的は単一のプロジェクトを計画通り完了させることではなく、一定の期間内に完了するプロジェクトのアウトプットの総和（スループット）を最大化すればよい。

ステップ1：計画されている全てのプロジェクトでそれぞれ各資源をどれだけ必要とするかを算定する。

ステップ2：どのリソースに対する負荷が最も高いかを調べ、全体の制約工程を探し出す。これは工場の制約工程を探し出すのと同じこと。

ステップ3：制約工程上のスケジュールを立てる。これは制約工程の資源がプロジェクトの出力の総和最大化の制約条件になるため。

ステップ4：制約工程の前にバッファーを挿入する。これは制約工程の資源だけは絶対遊ばないようにするため。

これで計画された全プロジェクトの制約工程の資源を100%活用できる。この条件を満たす範囲内で、各プロジェクトを個別に計画すれば、プロジェクト間の干渉なしにプロジェクト管理ができる。

TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　事例）

ハリス PAマウンテントップ半導体工場　建設プロジェクト(1999公表)：
［工場建設のプロジェクト管理 PM/CC］

●世界初の８インチ半導体ウェハー製造工場建設に2.5億ドル投資。建設プロジェクトにTOC/CCを適用。
●改善後：○スループットは年あたり40%向上　（業界平均は10%～20%向上）。
○在庫回転率は7回　（改善前は2回。業界平均は3回）。
○４年間で、この工場は半導体事業部の利益の80%（改善前は0%）、全社利益の20%を貢献。
●この規模の半導体工場の建設期間は約54ヶ月間。これをラピュター・プロジェクトは13ヶ月間で達成。
プロジェクトのキックオフから量産した製品の販売までの期間が13ヶ月間。

●**クリティカルチェーン導入後は、管理すべきタスクは約150に絞り込まれ、最終的にはわずか4個のタスク。**

●過去100年間で最悪の冬の気候の中での工場建設遅延で40日、さらに設備ベンダー側の問題で15日遅延。
それでも計画修正した完了日（当初案は18ヶ月間。それを13ヶ月間に修正）の3日前に完了。
●コストは4%の予算超過で済んだ。
超過の原因は、工事を急がせたためではなく、建物を計画よりもやや大きくしたため。

●クリティカルチェーン法に従ったため、常識外の方法を採用。たとえば、工場運営に必要な従業員全員を工場建設終了前に採用し、十分な訓練を施した。この結果、わずか21日で製造のランプアップを実現。
（業界常識は18ヶ月間）

●マウンテントップ工場は、これら２つの成功の後、マーケティング部門にTOCを応用し、次の18ヶ月間に200の新製品を出荷しようとしている（業界常識は年間20～40の新製品開発）。

出典: http://www.goldratt.com/success.htm

TOC/CM製品開発プロセス革新（CC　事例）

シナージス・テクノロジーズ・グループ (1999公表)：
［金型製造業の対立解消TPとマルチプロジェクト管理 Multi-PM/CC］

●Synergis社は板金打ち抜き用金型と関連サービスを総合的に提供する製造メーカ。この6000万ドルの企業を私的所有する主要な顧客企業は、トップクラスの板金打抜企業（stamper）。
●同時に200プロジェクト以上を管理し、各プロジェクトは150以上のタスクを持つ。

●TOC導入前の問題点：○強力なプロジェクト管理システムが無い。
○問題認識力が低い。
○優先順位が混乱。
○設備間の調整が困難。
○ボトルネックが特定化できない(Traveling)。
○納期が遅れる。
○ローカルとグローバルの対立。
●TOC TP（思考プロセス）法を使って、目標に到達するための障害を明確にし、これらの障害を乗り越えるための短期達成目標を明確化。

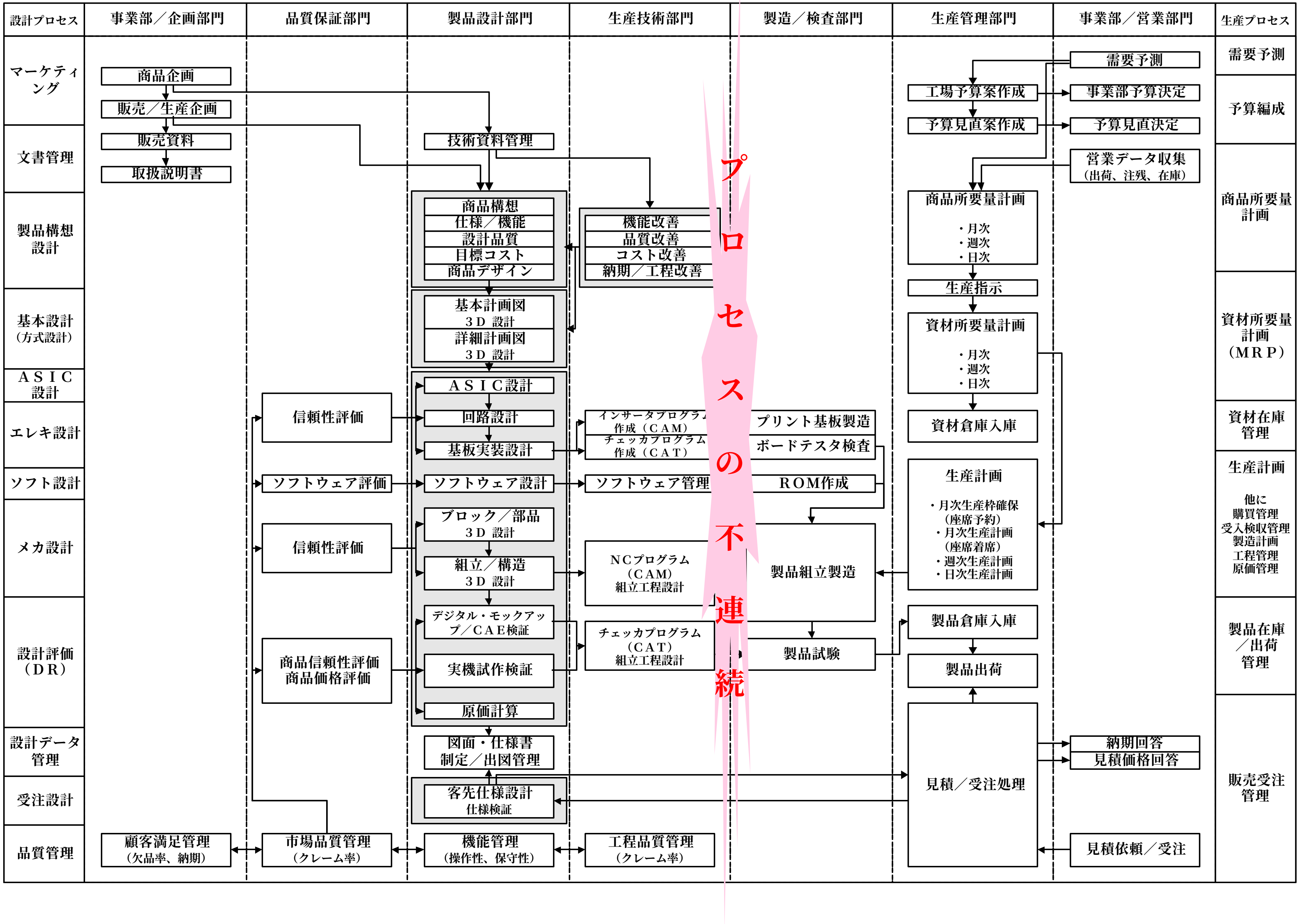
●CC適用後の成果：
○全てのプロジェクトをグローバルの観点で見るようになった。
○システム内のボトルネックの明確化が容易になった。
○問題の予知と問題顕在前の対処の能力が向上した。問題発生後の対処行動を避ける。
○シナージス社の約束を顧客が新たに信用するようになった。
●TOC/MPMを使って、同時に300以上のプロジェクトの管理に成功。
●成果：○納期の改善。
○リードタイムの削減。
○顧客サービスの改善。

出典: http://www.goldratt.com/success.htm



Ⅳ. 時間短縮1/3を目指すプロセスチェーンマネジメントの紹介

プロセスチェーンマネジメントの対象領域



プロセスチェーンマネジメントの目的

製品開発 •製造時間を1／ 3に短縮し、
製品開発 •製造の競争力優位を確立する。

製品開発のランチェスター公式 武器性能＊兵力^{2})

開発生産性＊ 開発製品数)^{2}

プロセスチェーンマネジメントの導入方針

●源流の労働集約型から情報集約型へ
（開発プロセスチェーンの制約管理）

●源流で機能・製造性・コストの造り込み
（下流での設計変更ゼロ化）

●源流からデータパイプライン構築
（下流でのデータ再入力ゼロ化）

プロセスチェーンマネジメントの実現法

プロセス革新

- ●製造しやすい製品設計法
- ●データ共有型開発チーム
- ●制約理論（TOC/CC）に基づくプロジェクト管理

インフラ整備

- ●技術情報インフラと部品DB

PCM基礎理論： ビジネスプロセス設計理論

- ●制約理論 (TOC)：
  - •生産管理　APS / ERP
  - •調達/物流管理　SCM
  - •プロジェクト管理
  - •スループット会計/営業
- ●ビジネスプロセス工学(BPE)
- ●プロセス評価シミュレーション

PCM基礎理論：製造・保守しやすい製品開発理論

- ●製品開発管理：
  - PDM Ⅱ
- ●DFMA理論：
  - ・Design for Assembly(DFA)
  - ・Design for Manufacture(DFM)
  - ・Design for Environment(DFE)
- ●CAE・機能シミュレーション：
  - ・電子設計用CAE
  - ・IBIS / SPICE / IMICモデル
  - ・機械設計用CAE

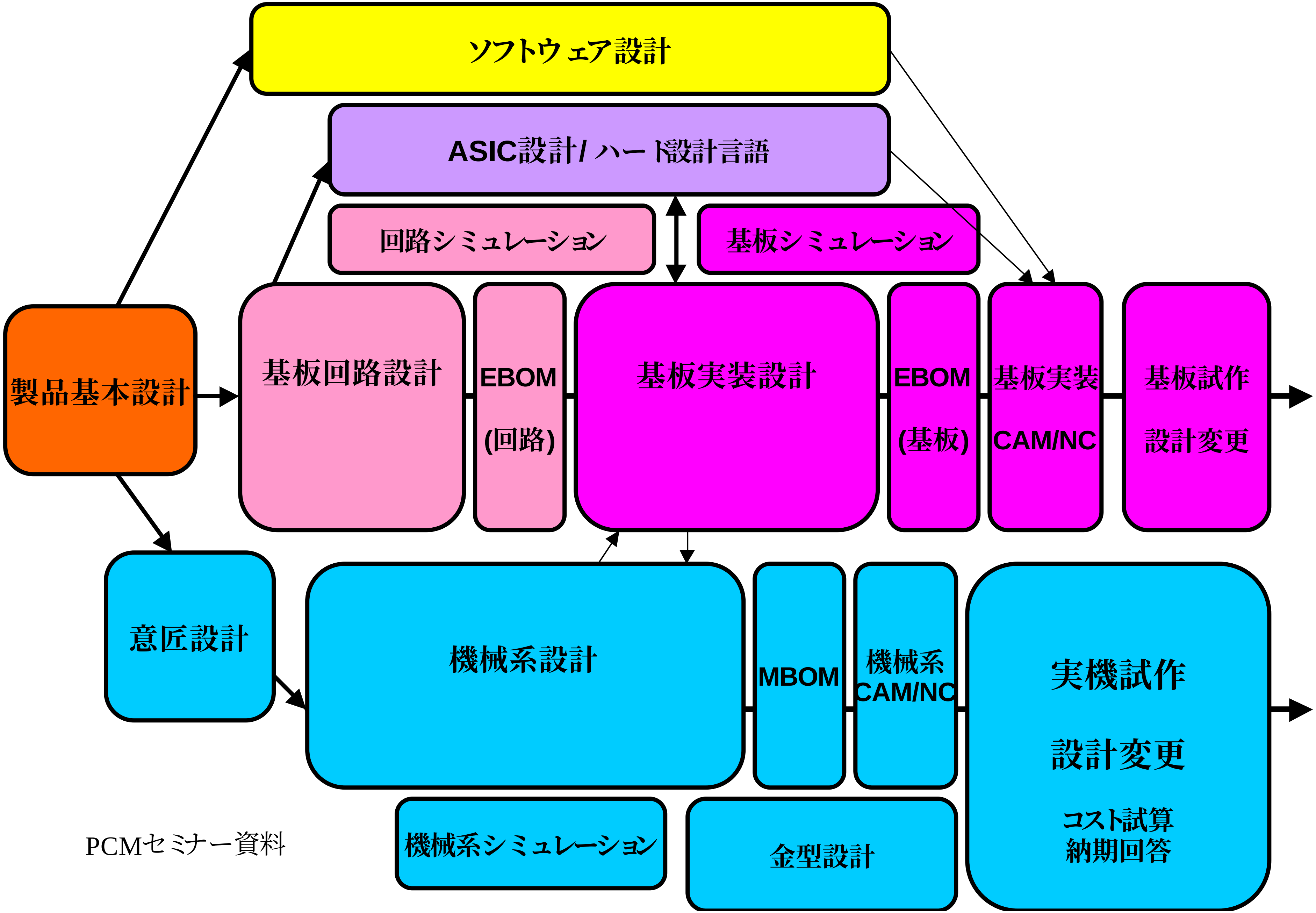
PCM基礎理論：誰にも分かる製品開発理論

- ● 3次元設計：
  3DソリッドモデルCAD
- ●バーチャル試作：
  Digital Mockup / VRML / XVL
- ●生産シミュレーション：
  Digital Factory

製品開発プロセス革新のFの法則

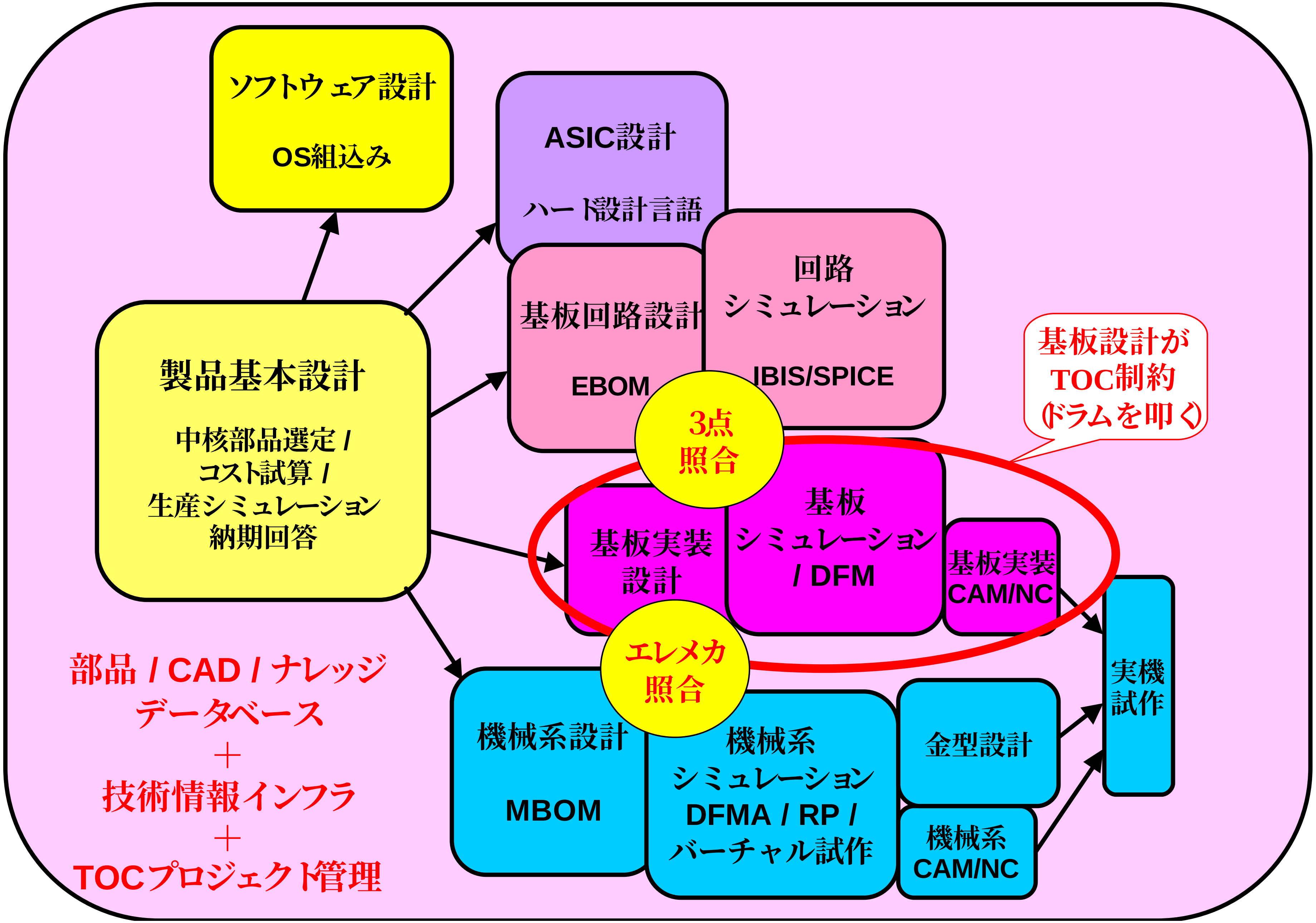
成功のための重要な要件 (KFS)		Fの法則
①部品/CADの標準化 / データ統合	→	品番/CAD辞書の社内統一
↓		
②情報のデジタル化と共有 / ツール統合	→	CAD / ツールの社内統一
↓		
③実機試作の 1回化 / バーチャル試作	→	製品/部品データの3D化
↓		
④製造しやすい / 環境対応の製品開発	→	DFM / シミュレーション重視
↓		
⑤誰にも分かるオープンな製品開発	→	ビジュアルエンジニアリング化

製品開発プロセスチェーンのウォーターフォール・モデル(As-is)

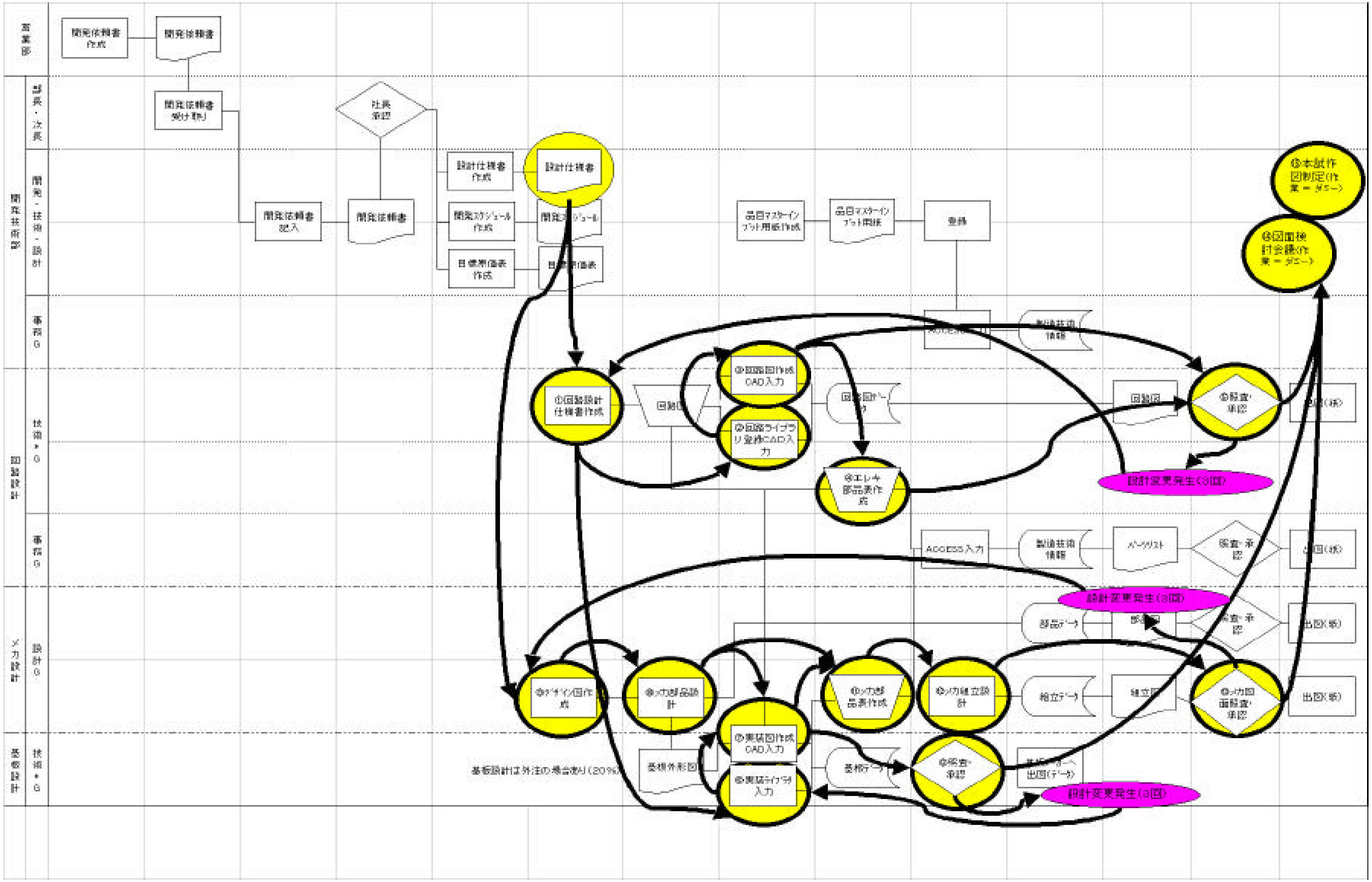


PCMセミナー資料

製品開発プロセスチェーンのワークセル・モデル(To-be)

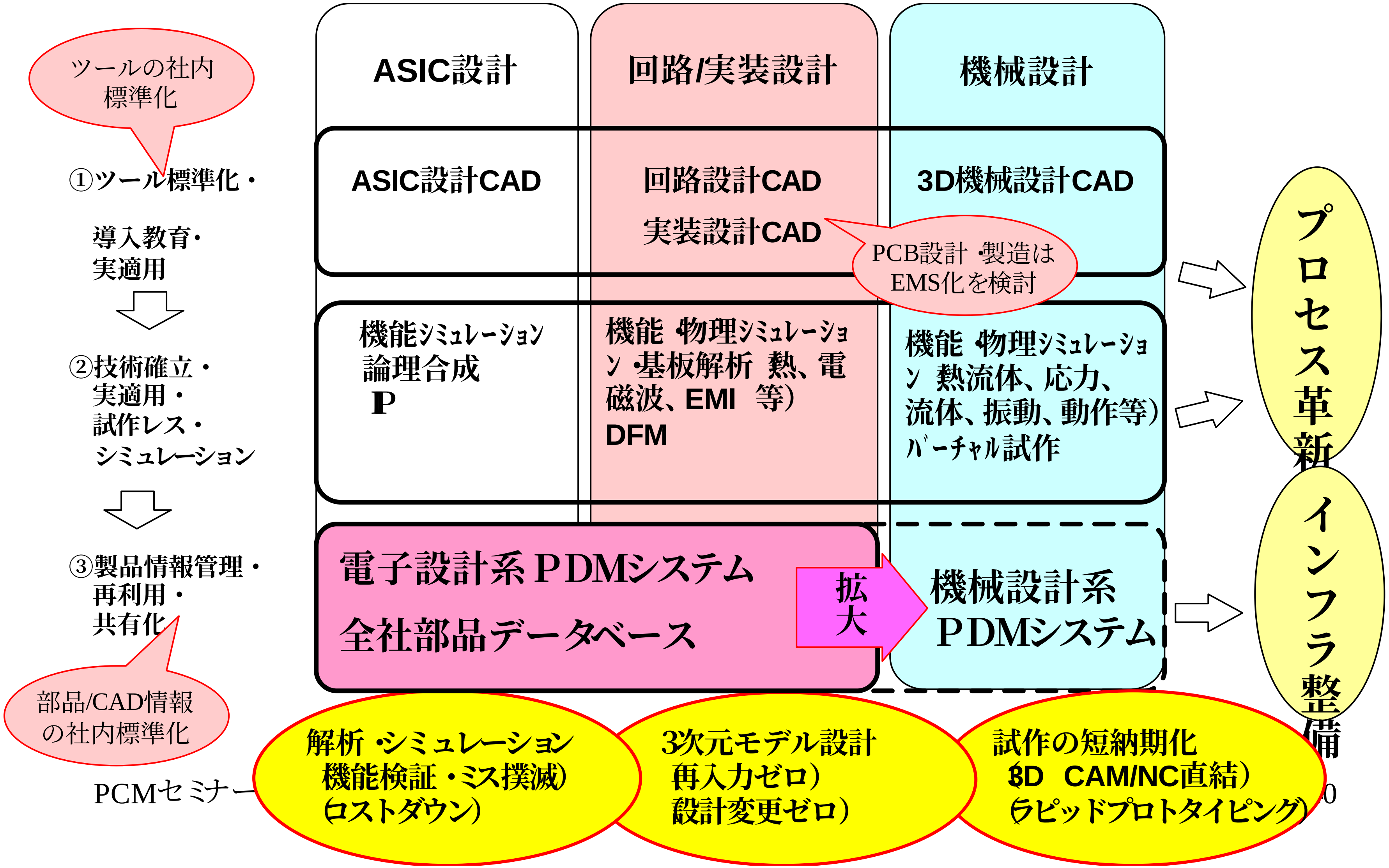


業務プロセス評価シミュレータの適用例



電子機器開発の革新モデル

●源流（構想設計）段階から機能・コスト・製造性の創り込み
●回路/ASIC/ソフト/メカ設計の協創の実現



TOC／CM関連の参考図書・Webサイト

- 「プロセスチェーンマネジメント」 藤川博巳 1999 工業調査会
- 「TOC革命 制約条件の理論」 稲垣公夫 1997 日本能率協会マネジメントセンター
- 「TOCクリティカルチェーン革命」 稲垣公夫 1998 日本能率協会マネジメントセンター
- 「TOC戦略マネジメント」 村上 悟他 1999 日本能率協会マネジメントセンター
- 「制約管理ハンドブック」 小林英三訳 1999 ラッセル社
- 「TOCハンドブック」 竹之内 隆他訳 2000 日本工業新聞社
- 「制約管理（TOC）についてのノート」 小林英三 ラッセル社
- APICS 米国生産・在庫管理学会 http://www.apics.org
- AGI アブラハム・ゴールドラット研究所 http://www.goldratt.com/
- Crazy About Constraints http://www.rogo.com/cac/
- 日本能率協会マネジメントセンター TOCサイト http://www.jmam.co.jp/report/tochome/tochome.html
- 村上 悟 Satoru_Murakami@jmam.co.jp
- 小林英三 TOCサイト http://www.toc-japan.com/

ご清聴有難うございました



藤川博巳
fujikawa@cea.or.jp

中小企業診断士（情報部門）
技術士（情報工学）、CMfg／E（米国SME）